

南方电网“十一五”城市供电可靠性规划

宋云亭¹, 张东霞¹, 梁才浩¹, 彭冬¹, 吴俊玲¹,

邱野², 陈志刚³, 吴琼², 曹静³

(1. 中国电力科学研究院, 北京市 海淀区 100192; 2. 中国南方电网公司, 广东省 广州市 510623;
3. 广东省电力设计研究院, 广东省 广州市 510600)

Power Supply Reliability Planning for Urban Power Network of China Southern Power Grid

SONG Yun-ting¹, ZHANG Dong-xia¹, LIANG Cai-hao¹, PENG Dong¹, WU Jun-ling¹,
QIU Ye², CHEN Zhi-gang³, WU Qiong², CAO Jing³

(1. China Electric Power Research Institute, Haidian District, Beijing 100192, China;
2. China Southern Power Grid Co., Ltd., Guangzhou 510623, Guangdong Province, China;
3. Guangdong Electric Power Design Institute, Guangzhou 510600, Guangdong Province, China)

ABSTRACT: Based on the analysis on historical data of power supply reliability of main cities supplied by China Southern Power Grid and considering the development stage of these urban power networks as well as the economic development of these cities, by means of comprehensively applying both historical data based power supply reliability trend forecasting method and power supply reliability forecasting method that takes relevant impacting factors into account, the annual power supply reliability indices of these cities during the 11th Five-Year Plan are forecasted; according to the principle of relevance and combining with concrete circumstances of urban power networks, the reasonable target values of power supply reliability are determined. To lead rational investment in urban power supply enterprises and improve power supply reliability level of main cities supplied by China Southern Power Grid, the technical and management measures to implement power supply reliability objectives are proposed.

KEY WORDS: China Southern Power Grid; urban electric power network; power supply reliability; indices forecasting

摘要: 在分析南方电网各主要城市供电可靠性历史数据的基础上, 结合各城市电网所处的发展阶段以及城市经济发展情况, 综合应用基于历史数据的供电可靠性趋势预测方法和考虑相关影响因素的供电可靠性预测方法, 对“十一五”期间南方电网各主要城市年度供电可靠性指标进行了预测, 根据相关原则并结合电网的具体情况综合考虑确定合理的供电可靠性目标值。提出了实现供电可靠性目标的技术措施和管理措施, 旨在引导城市供电企业的合理投资, 提升南方电网

各主要城市的供电可靠性水平。

关键词: 南方电网; 城市电网; 供电可靠性; 指标预测

0 引言

城市供电可靠性是指城市供电系统对用户持续供电的能力^[1], 是城市配电网结构、技术装备水平和管理水平的综合体现。南方电网公司对城市电网的供电可靠性高度重视, 通过增加电网投资、完善电网结构, 使用比较先进的技术和管理手段, 使所属城市(特别是一些大、中城市)的供电可靠性水平有了显著提高。“十一五”后几年, 南方电网城市用电需求仍将快速增长, 在满足电力需求的同时, 进一步提高城市供电可靠性既是电力用户的需要^[2-3], 也是各城市供电企业自身发展的目标。

国外供电企业的可靠性管理普遍实行目标管理, 部分企业还制定了严格的奖罚措施^[4-7]。实行目标管理后, 将由被动性管理转变为主动性预防, 减少无序检修停电。城市电网的供电可靠性规划工作引进目标管理首先要对该研究对象的现状进行分析, 并按每一个城市、供电区、电力用户的不同情况来预测其供电可靠性的水平, 然后设定与地区和用户要求相称的更高可靠性水平的目标值。在制定未来年度的可靠性目标时, 美国某些州电力公司采用了以过去若干年可靠性指标的平均值为基础, 确定未来年度可靠性最低标准的方法。我国供电企业

的可靠性管理模式也应从以往的事故后分析、统计、汇总的被动状态提升到运行状态监控,甚至事故前预警,实现由单纯的统计管理型向实时分析、预测、目标控制的主动预防型模式转变。

我国城市配电网结构薄弱、技术落后的问题由来已久,要从根本上解决问题,缩短与先进国家的差距,还要经历一个长期的发展过程^[8]。提高城市供电可靠性可减少停电带来的社会经济损失,也意味着要增大建设投资和运行费用。不同城市的经济发展、市政建设、电网发展水平均存在着较大的差异,对供电可靠性水平的要求,提高可靠性需要的投入也会不同^[9-12]。本文将在分析南方电网城市供电可靠性历史数据的基础上,结合各城市电网所处的发展阶段以及城市经济发展情况,对“十一五”期间南方电网各主要城市年度供电可靠性指标进行研究及规划,以引导城市供电企业的合理投资。

1 供电可靠性规划目标及步骤

1.1 可靠性规划目标和原则

本次规划的总体目标是:在“十一五”未来几年,南方电网经济发达城市供电可靠性要达到国内先进水平,向国际发达国家城市电网的技术和管理水平看齐,中等城市和落后城市要向国内先进水平看齐,从技术、管理上提高一个台阶。

本次规划的目的是:严格保证可靠性数据的正确性、权威性和严肃性,充分发挥可靠性数据对生产实际的指导作用,以电网实际运行为基础,向高水平看齐但不盲目与其他电网公司指标攀比,坚持实事求是,注重技术进步,加强科学管理,以指标先进合理、措施切实可行、技术经济性能优良为主要原则,提出能够更好地满足未来几年用户需求的供电可靠性发展规划。

1.2 可靠性规划具体步骤

南方电网城市供电可靠性规划包括3个层面:南方电网公司、南方电网5个省公司以及13个典型城市。具体步骤如下:

1) 调研收集南方电网各省、各典型城市的供电可靠性历史数据,找出影响供电可靠性指标的主要因素,同时分析供电可靠性的发展趋势。

2) 确定可靠性预测方法,建立可靠性指标预测模型。以南方电网历史运行数据为基础,结合现有条件及未来的可能变化情况,采用多种数学模型

进行南方电网各城市未来几年可靠性指标预测,得到在既定条件下未来时间可靠性指标的延续值。给出供电可靠性指标预测值的高、低方案。

3) 在可靠性指标预测值的基础上,根据规划的总体原则和目标,制定供电可靠性目标值的确定原则,同时综合考虑各城市现有技术及管理水平和未来发展潜力,在供电可靠性指标预测值基础上提出并确定2010年供电可靠性指标目标值及分年度目标值。

4) 根据电网现状和所确定的供电可靠性目标,提出“十一五”期间提高城市电网供电可靠性要采取的各种技术和管理措施。

2 供电可靠性指标预测方法

2.1 概述

传统的可靠性评估预测方法需要准确的配电网结构和多年的元件可靠性指标历史数据^[13-22]。由于本项目涉及的城市多,数据量大,再加上目前无法确定目标年具体的详细而准确的网络结构,因此无法采用传统可靠性评估方法对供电可靠性进行预测和规划。但是城市电网由大量的供电子网络构成,具有明显的大样本统计特征,而供电网络的建设发展和运行技术水平具有一定的规律性、延续性,因此我们提出2种基于统计方法的供电可靠性指标预测方法^[23]。先得到供电可靠性指标预测值,然后根据相关原则并结合电网的具体情况综合考虑确定合理的供电可靠性目标值。

2.2 基于历史数据的可靠性趋势预测方法

这种方法是通过可靠性指标历史数据的分析,建立可靠性指标趋势的预测模型来得出可靠性指标的预测值。这一方法实际上是外推法,其基本思想是认为未来的可靠性指标变化规律是历史的可靠性指标变化规律的延续。根据历史的可靠性指标资料可以推算出未来的可靠性指标变化情况。例如可以得出趋势曲线的解析函数 $y=f(t)$,时间 t 为自变量,时序数值 y 为因变量。解析函数可以是线性、抛物线、指数曲线等形式。由趋势曲线与历史数据的曲线进行拟合,用最小二乘法求出趋势曲线解析函数的各个系数^[24]。由确定的趋势曲线即可求得未来时间的可靠性指标。

这种方法的特点对于近期预测有较高的精度,但随着预测时间的加长,误差则愈来愈大。这一方法只能得到预测值,不能得到目标值。目标值

只能在预测值的基础上,根据所确定的一些原则和专家经验确定。

基于历史数据的可靠性趋势预测方法的大体应用步骤是:1)收集历史数据;2)建立可靠性指标趋势预测模型;3)可靠性指标预测;4)得到预测值;5)得到目标值。

基于历史数据的趋势预测方法主要包括趋势外推预测方法和回归模型预测方法2大类。

2.3 考虑相关影响因素的可靠性趋势预测方法

这一方法的基本思想是找出影响可靠性指标大小的几个主要因素,例如可通过灵敏度分析法筛选出对供电可靠性指标有显著影响的因素(包括最大负荷、用户数、架空主干线平均长度、线上平均分段开关台数等),将这些因素作为自变量,可靠性指标变化作为因变量,写出回归分析法的数学模型。这个模型可以是线性或非线性的;可以是一元(只有1个自变量)或多元的(有多个自变量)。回归系数则由历史数据求出。根据这些因素的未来数值即可推算出未来的可靠性指标数值。

输入这些相关影响因素(自变量)在2010年的值,即可得到可靠性指标(因变量)的输出值。这种预测方法的精度很大程度上取决于这些相关因素的估计精度。

人工神经网络具有大规模分布式并行处理、非线性、自组织、自学习等优良特性,因此可以作为一种先进的预测手段。常用的有BP模型、Hopfield模型和Kohonen模型等,同时人工神经网络还可以与模糊集合理论相结合,构成模糊神经网络,可以对可靠性预测中出现的模糊信息加以处理^[25]。

基于人工神经网络的考虑相关影响因素的可靠性预测方法的大体应用步骤如下:1)确定影响供电可靠性指标大小的主要因素(自变量);2)建立非线性映射关系模型;3)对人工神经网络进行训练;4)利用训练好的人工神经网络对来年年可靠性指标进行预测。

3 南方电网供电可靠性指标预测值

综合运用前面所提出的2种基于统计方法的供电可靠性指标预测方法,对南方电网各省及各典型城市的供电可靠性进行了预测,结果汇总见表1、2。

4 供电可靠性指标目标值确定原则

通过与国内外城市电网供电可靠性水平进行对比发现,南方电网大部分典型城市的供电可靠性

表1 南方电网各典型城市供电可靠率指标预测值
Tab. 1 List of predicted indicator values of power supply reliability of typical cities in China Southern Power Grid

城市	方案	年度供电可靠率预测值/%			
		2007年	2008年	2009年	2010年
广州	高	99.965 6	99.966 8	99.968 1	99.969 4
	低	99.963 7	99.964 0	99.964 2	99.964 4
深圳	高	99.958 3	99.964 3	99.970 3	99.976 3
	低	99.951 2	99.951 6	99.952 1	99.952 5
佛山	高	99.969 4	99.969 4	99.969 4	99.969 4
	低	99.963 5	99.963 5	99.963 5	99.963 5
东莞	高	99.902 7	99.909 0	99.915 2	99.921 5
	低	99.887 4	99.888 1	99.888 9	99.889 6
中山	高	99.911 2	99.919 6	99.928 0	99.936 3
	低	99.895 0	99.895 0	99.894 9	99.894 8
南宁	高	99.875 7	99.892 0	99.908 2	99.924 5
	低	99.833 8	99.833 5	99.833 2	99.832 9
桂林	高	99.899 3	99.917 7	99.936 0	99.954 4
	低	99.883 3	99.883 3	99.883 3	99.883 3
昆明	高	99.570 7	99.693 9	99.780 3	99.841 3
	低	99.295 4	99.338 0	99.380 6	99.423 2
曲靖	高	99.943 2	99.947 9	99.952 7	99.957 5
	低	99.909 8	99.909 8	99.909 8	99.909 8
贵阳	高	99.880 4	99.893 5	99.906 2	99.918 6
	低	99.860 4	99.869 4	99.878 1	99.886 7
遵义	高	99.761 7	99.800 8	99.840 0	99.879 1
	低	99.758 2	99.794 1	99.830 1	99.866 0
海口	高	99.720 2	99.757 0	99.793 8	99.830 6
	低	99.675 1	99.681 8	99.688 5	99.695 1
三亚	高	99.546 6	99.593 1	99.639 6	99.686 2
	低	99.482 7	99.499 7	99.516 8	99.533 8

表2 南方电网及各省城网供电可靠率指标预测值
Tab. 2 List of predicted indicator values of urban power supply reliability of provinces in China Southern Power Grid

城市	方案	年度供电可靠率预测值/%			
		2007年	2008年	2009年	2010年
广东	高	99.927 3	99.927 4	99.927 5	99.927 6
	低	99.926 8	99.926 8	99.926 8	99.926 8
广西	高	99.888 9	99.914 4	99.934 0	99.949 2
	低	99.849 0	99.854 5	99.860 0	99.865 5
云南	高	99.880 1	99.889 6	99.899 1	99.908 6
	低	99.880 7	99.880 7	99.880 7	99.880 7
贵州	高	99.875 9	99.882 3	99.888 8	99.895 2
	低	99.865 1	99.865 7	99.866 4	99.867 0
海南	高	99.757 8	99.806 8	99.853 4	99.898 1
	低	99.700 5	99.738 3	99.776 2	99.814 0
南方电网	高	99.891 3	99.903 6	99.915 9	99.928 3
	低	99.818 6	99.818 6	99.818 6	99.818 6

水平与国内城市供电可靠性的最好水平有一定差距,与国外部分发达城市的供电可靠性水平还存在很大差距。这也表明南方电网各典型城市的供电可靠性水平有较大的提升空间,通过增加投入、制定措施、加强监管,充分调动各个方面的积极性,将

各城市供电可靠性水平提升到一个新高度是完全可能的。

在得到供电可靠性指标预测值的基础上,根据如下相关原则并结合电网的具体情况,综合考虑确定2010年供电可靠性指标目标值:

1) 规划期末(2010年)各典型城市供电可靠率目标值应适当高于预测值。南方电网将自上而下采取各种针对性的有效措施提高城市电网供电可靠性。各城市供电可靠率指标都应在预测值的基础上有一定程度的提高。供电可靠性水平较低的城市可挖掘的潜力较大,提高的幅度应适当再大一些。

2) 规划期末(2010年)典型城市供电可靠率目标值不宜低于该城市自2004年以来的历史最高水平。2004、2005年缺电情况严重,造成部分城市供电可靠率出现较大幅度的下降,2006年供电紧张的矛盾得到缓解,限电引起的用户停电时间和停电次数都有大幅度降低,供电可靠率有所提升,但部分城市仍未能恢复到2003年的水平。从电力市场分析看,预计未来几年南方电网电力供需逐步趋于平衡,供电紧张的矛盾将得到有效缓解,再加上管理水平和技术水平的提高,规划期末的供电可靠性应高于2004年以来的最好水平。

3) 规划期末(2010年)典型城市供电可靠率力争达到《中国南方电网城市配电网技术导则》(简称《导则》)的要求。技术经济基础较好的城市应赶超国内先进指标,向世界先进水平看齐。根据《导则》,一般城市的用户供电可靠率不应低于99.9%,省会城市不应低于99.98%。但从南方电网各典型城市供电可靠率指标现状来看,部分城市的供电可靠性与《导则》要求的水平还存在较大差距,要在规划期末达到《导则》要求尚有一定的难度。因此各城市都应根据本地电网的实际情况有针对性地采取各种有效的技术和管理措施,使城市供电可靠性向导则要求的水平靠拢。

4) 供电可靠性指标目标值的确定应体现地区差异性。南方电网所辖5个省区经济发展不平衡的情况较为突出。广州、深圳是南方电网的创新城市,也是华南地区的多功能综合性中心城市,具有独特的政治和经济地位,其电网技术和管理基础较好,供电可靠性在南方电网处于领先行列。三亚是我国南方的窗口城市,供电可靠性的提高是一个重要的形象工程,具有重要社会和经济效益。随着城市化进程的加快,城市电网的供电范围将出现调整或扩

张,原来属于农网供电的范围有可能会划归城网管辖。由于历史条件所限,新的城市供电区域的供电能力一般较差,将在一定程度上影响总体的供电可靠性水平,云南、贵州等省份均存在这样的问题。在确定供电可靠性指标目标值时应充分考虑到这些可能出现的情况。

5 南方电网供电可靠性指标目标值

在表1和表2的基础上,根据前面提出的供电可靠性指标目标值的相关确定原则,得到了南方电网供电可靠性指标目标值,汇总如表3、4所示。

表3 南方电网各典型城市供电可靠率指标目标值
Tab. 3 List of objective indicator values of power supply reliability of typical cities in China Southern Power Grid

城市	年度供电可靠性目标值/%			
	2007年	2008年	2009年	2010年
广州	99.966	99.968	99.97	99.972
深圳	99.954	99.958	99.964	99.968
佛山	99.961	99.964	99.967	99.97
中山	99.905	99.915	99.925	99.93
东莞	99.915	99.92	99.923	99.925
南宁	99.88	99.9	99.91	99.92
桂林	99.875	99.89	99.9	99.91
昆明	99.594	99.696	99.798	99.9
曲靖	99.909	99.915	99.92	99.925
贵阳	99.88	99.885	99.89	99.9
遵义	99.815	99.876	99.878	99.885
海口	99.745	99.79	99.835	99.88
三亚	99.595	99.69	99.785	99.88

表4 南方电网及各省城网供电可靠率指标目标值
Tab. 4 List of objective indicator values of urban power supply reliability of provinces in China Southern Power Grid

省份	年度供电可靠性指标目标值/%			
	2007年	2008年	2009年	2010年
广东	99.926	99.927	99.929	99.931
广西	99.867	99.87	99.88	99.9
云南	99.87	99.87	99.88	99.89
贵州	99.865	99.87	99.875	99.88
海南	99.8	99.8	99.84	99.88
南网	99.903	99.905	99.909	99.915

6 提高城市电网供电可靠性的措施

6.1 实现供电可靠性规划目标的措施体系

提高供电可靠性是一项系统性的工程,要从规划、设计、施工、运行、服务等各个方面入手,需要各环节围绕着一个共同目标,协同开展工作。目前南方电网正处于电网大规模建设和改造阶段,一方面要解决供需紧张和历史欠账较多的问题,加大力度对原有电网进行改造;另一方面负荷需求不断增加,需要大量的工程建设,增加大量的新设备,

这些都给供电可靠性的提高带来了挑战。

提高供电可靠性的途径很多，从国外发达国家的经验可知，电网处于不同的发展阶段，采取各种技术措施提高供电可靠性的效果是不同的。南方电网各省之间、各城市之间发展不平衡的情况比较突出。不同城市之间既存在负荷转供能力不足、装备水平低、管理不到位等共性问题，在电网运行和管理水平上也存在着一定的差异。

为实现南方电网公司供电可靠性规划所提出的目标，从网公司到省公司再到各基层供电公司应在统一思想指导下分层次开展提高供电可靠性的工作：1) 网公司重点掌握全局性推进工作；2) 省公司依据网公司原则和标准，制定落实各项措施规划；3) 供电企业重点制定落实具体实施计划。

6.2 提高供电可靠率的管理措施

6.2.1 减少预安排停电

预安排停电是影响南方电网供电可靠性的主要因素，约占总停电时间和次数的60%以上，而发达国家此项指标占总停电的25%以下。因此，缩短减少预安排停电可采取的主要管理措施如下：

1) 各供电单位应根据年度计划确定的预安排停电允许时户数指标，分解到每个季度、月度和每周，并分配落实到具体部门。企业各部门之间应密切配合，切实落实预安排停电指标分配制度，严格控制重复停电。

2) 为保证停电计划的严肃性，临时增加的停电应经主管生产的局长批准。

3) 加强各部门之间的协调，从建设、生产多角度综合考虑，减少重复停电。充分利用上级电网检修和市政施工停电以及限电时间安排设备检修和改造。

4) 各供电公司应做好供电设施检修和改造的施工计划，优化施工方案并制定详细的检修和改造工作计划和停电计划，作好施工准备，必要时应采取临时供电方案。

5) 各供电公司应加强停送电管理，施工单位和调度部门应严格遵守准时开工和及时复役的时间，缩短设备停送电状态转换时间。

6.2.2 减少外力破坏和人为因素造成的事故

1) 加强线路巡查和清扫工作，发现树木、建筑物对架空导线距离不足时及时处理。同时，依据不同季节气候特点，做好相应的预防工作，加强事故备品管理。

2) 在电力设施易遭破坏地段要加强安全防范措施。在易被撞的电杆周围增设护栏，在埋地电缆周围设置警示标志。同时应加强用电安全宣传力度，防范电力设施被盗。

3) 制定用户设备入网管理办法，减少用户故障引起的配电网停电。采取各种措施和防范手段减少用户事故对公网造成的影响。

4) 强化安全管理，提高基层一线人员的安全意识与业务素质，杜绝因人为原因产生的事故。

6.3 提高供电可靠率的技术措施

6.3.1 优化网络结构

1) 优化主网架规划。优化资源配置，加强电源和骨干电网的规划建设，使电网结构更加合理、坚强，满足 $N-1$ 供电安全性准则。同时应当转变电源规划思路，从单纯的满足负荷容量需求转变到提高供电可靠性的思路上来。

2) 优化中压配电结构。按照《导则》要求根据城市供电分类进行配电网络和线路的规划设计。改造现有的单辐射接线线路，逐年提高城市电网环网化率，从结构上增强电网运行方式的灵活性。

3) 控制10kV线路供电半径和所接用户数。根据《导则》要求控制10kV配电线路供电半径并对线路进行合理分段。在10kV主干线路加装分段开关、环网开关或环网开关柜，合理分配用户，缩小线路停电检修、改造、事故处理造成的停电范围。

4) 提高配电网的供电能力。调整重载线路负荷，使线路负荷趋于平衡、合理，减少线路设备运行压力。根据城市发展规划和城市电网建设规划，落实变电站站点和线路走廊，保证新建变电站和线路能够按期投产。

6.3.2 提高配电系统的装备水平

1) 加大配网改造力度和规模。及时更换有缺陷的设备，逐步淘汰水平低、安全性能差的设备。改造绝缘水平和自动化水平较低的开关和简易刀闸，淘汰可靠性性能较差的产气式开关、油开关和落后老化的10kV油纸电缆。实现10kV开关无油化率达到100%。

2) 规范设备选型。根据适度超前的原则，选择可靠性高、免维护或少维护的电力设备，避免重复更换，尽量做到简化统一，减少维修工作量和停电检修次数。对新发展的地区采用较高的标准，尽量采用先进的设备，争取一步到位，达到10a基本不变的要求。

3) 提高线路输送能力。按照《导则》要求对线径较小的 10 kV 主干线路进行更换和改造, 提高线路的负荷转移能力。

4) 提高线路绝缘化水平和安全性能。逐步实现架空线路绝缘化, 并根据当地市政建设要求和电网实际适时适当地采用地下电缆。消灭现有 10 kV 线路瓷瓶污闪、接地、外力破坏等事故, 解决架空线路维护量大、故障率高、树线矛盾突出、线路设备停电比例大的问题。

5) 提高线路设备防雷抗灾水平。特别在贵州、云南等山区雷害多发地区, 应增强线路设备防雷防自然灾害能力。

6.3.3 提高带电作业技术水平

在预安排停电比例较大的情况下, 提高带电作业水平是提高用户供电可靠率的非常有效的办法。日本东京电力公司从 1983 年开始大力推广用户不停电作业等减少预安排停电的综合措施, 实施 5 a 后, 到 1987 年取得了非常明显的效果。预安排停电时间从 $98\text{min}/(\text{户}\cdot\text{a})$ 下降到 $8\text{min}/(\text{户}\cdot\text{a})$, 预安排停电次数从 $0.51\text{次}/(\text{户}\cdot\text{a})$ 下降到 $0.08\text{次}/(\text{户}\cdot\text{a})$, 供电可靠率从 99.978% 提高到 99.997%。预安排停电次数所占比例从 75% 左右降低到 45% 左右。目前, 在南方电网各城市中, 预安排停电基本上占总停电时间和次数的 70% 左右, 是影响南方电网供电可靠率的主要因素, 在这种情况下, 大力推广带电作业是提高供电可靠性的重要途径, 可采取的措施如下:

1) 南方电网公司自上而下逐步建立和完善带电作业安全管理、带电作业奖励及停电作业审批等制度和规范。要求有条件实施带电作业且技术成熟的项目必须采取带电作业, 并明确规定操作规程, 定期检查和测试带电作业工具和服饰。

2) 积极为带电作业创造条件, 根据城市电网规模和带电作业工作范围, 不断培训和扩大带电作业队伍, 配备足够的带电作业车和作业人员。

3) 引进新技术, 探索新方法, 扩大带电作业领域。根据城市市政工程较多, 电力用户增长较快的特点, 加快研究和开发 10 kV 带电立杆技术, 以解决报装用户接电和部分市政工程移线等工程问题。积极引进旁路作业法等不停电作业技术, 不断扩大带电作业的范围。拓展带电作业项目, 对迁移电杆、更换配电变压器、加装分段开关、环网开关、变压器带电检测和线路更换合成绝缘子等工作项目均大力推广带电作业, 减少停电事件的发生。

6.3.4 提高配网自动化水平

配电自动化是提高供电可靠性的重要手段, 但对于不同地区、电网的不同发展阶段所得到的效果是不一样的。实施配电自动化能够在事故停电以后及时判断故障, 缩小故障范围, 加快系统故障处理过程, 对于故障停电所占比重较高而预安排停电所占比重较小的电网比较有效。综合考虑南方电网各城市的技术水平, 建议采取的措施如下:

1) 在 10 kV 架空线路和电缆线路上大力推广采用故障指示器、配网仪以及柱上自动化开关等自动化设备, 以缩短故障寻测和恢复时间, 降低故障影响范围。

2) 目前广州、深圳设立为网公司的试点单位, 在总结试点经验的基础上, 出台相关的技术政策, 在条件成熟的地区逐步推广。

6.3.5 加强供电应急处理能力

1) 加快对用户故障的响应速度, 及时合理地安排和调配抢修人员。

2) 研究并制定城市电网供电应急预案, 提高城市电网应对突发事件的应急响应能力, 确保在突发严重事故情况下对重要用户的供电恢复能力。

3) 适当增加移动式发电设备, 提高供电企业的应急处理能力。

6.3.6 加强状态检修和带电测试的应用

实施供电设施的状态检修能够有效降低设备的检修频率和检修时间。目前我国还处在状态检修的初始阶段。为提高电网运行技术水平, 南方电网公司应从加强设备常规监测, 收集并分析设备状态数据资料, 优化设备检修周期, 开发并应用在线检测技术等多方面着手, 逐步开展状态检修和带电测试的研究和应用。

7 结语

1) 准确预测城市电网的供电可靠性指标在是目标管理工作十分重要的一个环节, 在预测值基础上对供电可靠性目标值作出合理规划, 通过增加投入、制定措施、加强监管等手段充分调动各个方面的积极性, 将南方电网各城市供电可靠性水平提升到一个新的高度是完全可能的。

2) 本文将两种基于统计方法的城市电网供电可靠性预测方法应用于南方电网, 在得到了供电可靠性预测指标的基础上, 根据相关原则并结合电网的具体情况, 综合考虑确定了规划目标年合理的供

电可靠性目标值。

3) 通过对影响供电可靠性指标的相关因素进行灵敏度分析可以获得对供电可靠性指标较敏感的相关特征量。这一信息对于引导供电企业制定提高可靠性的具体措施有重要的参考价值。

参考文献

- [1] 国家电网公司. 城市电力网规划设计导则[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [2] 邱丽萍, 范明天. 城市电网最大供电能力评价算法[J]. 电网技术, 2006, 30(9): 68-71.
Qiu Liping, Fan Mingtian. A new algorithm to evaluate maximum power supply capability of urban distribution network[J]. Power System Technology, 2006, 30(9): 68-71(in Chinese).
- [3] 吴建中, 余贻鑫. 一种高效的配电网供电恢复算法[J]. 电网技术, 2003, 27(10): 82-86.
Wu Jianzhong, Yu Yixin. An efficient algorithm for distribution network service restoration[J]. Power System Technology, 2003, 27(10): 82-86(in Chinese).
- [4] Kueck J D, Kirby B J, Overholt P N, et al. Measurement practices for reliability and power quality[R]. US: Department of Energy, 2004.
- [5] Pataki G E. Report of the New York state energy planning board on the reliability of New York state's electric transmission and distribution systems[R]. New York: New York State Energy Planning Board, 2000.
- [6] Holland W F. Electric service reliability in Pennsylvania 2005 [R]. Pennsylvania: Pennsylvania Public Utility Commission, 2006.
- [7] Florida Public Service Commission. Review of Florida's investor-owned electric utilities' service reliability in 2005[R]. 2006.
- [8] 宋云亭, 张东霞, 吴俊玲, 等. 国内外城市配电网供电可靠性对比分析[J]. 电网技术, 2008, 32(23): 13-18.
Song Yunting, Zhang Dongxia, Wu Junling, et al. Comparison and analysis on power supply reliability of urban power distribution network at home and abroad[J]. Power System Technology, 2008, 32(23): 13-18 (in Chinese).
- [9] 张祖平, 范明天, 周莉梅. 城市电网电磁环网的解环问题研究[J]. 电网技术, 2008, 32(19): 42-44.
Zhang Zuping, Fan Mingtian, Zhou Limei. Research of breaking up electromagnetic ring in urban power network[J]. Power System Technology, 2008, 32(19): 42-44(in Chinese).
- [10] 罗凤章, 王成山, 肖峻, 等. 上海城市配电网规划辅助决策系统[J]. 电网技术, 2009, 33(3): 79-83.
Luo Fengzhang, Wang Chengshan, Xiao Jun, et al. Decision-making support system for urban distribution network planning of Shanghai [J]. Power System Technology, 2009, 33(3): 79-83(in Chinese).
- [11] 王月, Rebstock H. 中压真空断路器在保障城市电网供电可靠性中的应用[J]. 电网技术, 2006, 30(2): 102-106.
Wang Yue, Rebstock H. Application of medium voltage vacuum circuit breakers to ensure power supply system reliability of intercity network[J]. Power System Technology, 2006, 30(2): 102-106(in Chinese).
- [12] 范明天, 刘思革, 张祖平, 等. 城市供电应急管理研究与展望[J]. 电网技术, 2007, 31(10): 38-41.
Fan Mingtian, Liu Sige, Zhang Zuping, et al. A research and review on the emergency management of power supply in urban power network[J]. Power System Technology, 2007, 31(10): 38-41(in Chinese).
- [13] 陈文高. 配电系统可靠性实用基础[M]. 北京: 中国电力出版社, 1998: 6-8.
- [14] 蓝毓俊. 现代城市电网规划设计与建设改造[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004: 64-66.
- [15] Billinton R, Allan R N. Reliability evaluation of engineering systems: Concepts and techniques[M]. New York: Plenum Press, 1992.
- [16] Billinton R, Allan R N. Reliability evaluation of power systems [M]. New York and London: Plenum Press, 1996.
- [17] 郭永基. 电力系统可靠性分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003: 124-128.
- [18] 郭永基. 可靠性工程原理[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002: 8-11.
- [19] Willis H L. Power distribution planning reference book[M]. US: Marcel Dekker Inc., 2004.
- [20] Brown R E. Electric power distribution reliability[M]. New York: Marcel Dekker, 2002.
- [21] 宋云亭, 郭永基, 程林. 电力系统可靠性基本数据的统计分析[J]. 继电器, 2002, 30(7): 14-16.
Song Yunting, Guo Yongji, Cheng Lin. Statistical analysis of reliability data for power system components[J]. Relay, 2002, 30(7): 14-16(in Chinese).
- [22] 刘柏私, 谢开贵, 张红云, 等. 高压配电网典型接线方式的可靠性分析[J]. 电网技术, 2005, 29(14): 45-48.
Liu Bosi, Xie Kaigui, Zhang Hongyun, et al. Reliability analysis of typical connection modes in hv distribution network[J]. Power System Technology, 2005, 29(14): 45-48(in Chinese).
- [23] 宋云亭, 吴俊玲, 彭冬, 等. 基于BP神经网络的城网供电可靠性预测方法[J]. 电网技术, 2008, 32(20): 56-59.
Song Yunting, Wu Junling, Peng Dong, et al. A BP neural network based method to predict power supply reliability of urban power network[J]. Power System Technology, 2008, 32(20): 56-59(in Chinese).
- [24] 牛东晓, 曹树华, 赵磊, 等. 电力负荷预测技术及其应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 1998: 18-21.
- [25] 陈允平, 王旭蕊, 韩宝亮. 神经网络原理及其应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002: 72-75.



宋云亭

收稿日期: 2009-01-04。

作者简介:

宋云亭(1972—), 男, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为电力系统规划与可靠性、电力系统分析与控制等, E-mail: syt@epri.ac.cn;

张东霞(1964—), 女, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为电力系统规划、分析与控制等;

梁才浩(1978—), 男, 博士, 主要研究方向为配电网规划、系统分析等;

彭冬(1977—), 女, 工程师, 主要研究方向为配电网规划、系统分析等;

吴俊玲(1978—), 女, 工程师, 主要研究方向为配电网规划、系统分析等。

(责任编辑 李兰欣)